بررسی تغییر پذیری مکانی و توزیع آماری خصوصیات هیدرولیکی خاک

علی اصغر ذوالفقاری [۱]، محمدرضا یزدانی [۱] و نصرالله پهلوان [۲]
۱- استادیارهای گروه مدیریت مناطق خشک دانشکده کویر شناسی سمنان، ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته هواشناسی کشاورزی دانشکده کویر شناسی دانشگاه سمنان

چکیده
هدف از این مطالعه برآورد خصوصیات هیدرولیکی خاک با استفاده از داده های نفوذ آب در خاک می‌باشد همچنین بررسی نرمال و یا لاگ نرمال بودن داده‌ها از دیگر اهداف این مطالعه می باشد. در این پژوهش به منظور اندازه گیری پارامترهای هیدرولیکی خاك در یک ترانسکت بطول ۶۰۰۰ متر ۳۳ آزمایش نفوذ در سه مکش متوالی ۱۵- و ۱۰- و ۵- سانتیمتر با استفاده از نفوذ سنج مکشی انجام شد. سپس خصوصیات هیدرولیکی خاک با استفاده از مدل DISC برآورد شد. نتایج نشان داد مدل مذکور به خوبی قادر به برآورد خصوصیات هیدرولیکی خاک می باشد. نتایج نشان داد که توزیع لاگ نرمال بهترین توزیع آماری برای شن ، EC ، KS ، BD و می‌باشد. اگرچه بررسی توزیع نرمال نیز نشان داد که خصوصیات مذکور همچنین می‌توانند دارای توزیع نرمال نیز باشند. نتایج نشان داد که بهترین توزیع فراوانی برای توصیف سیلت، رس، pH، n و s ، توزیع نرمال است. اگرچه توزیع لاگ‌نرمال هم به خوبی قادر به توصیف تغییر پذیری مکانی این خصوصیات می‌باشد.
واژه های کلیدی: نفوذ آب، خصوصیات هیدرولیکی خاک،

مقدمه
ویژه گیهای هیدرولیکی خاک که جزء خواص فیزیکی آن می باشند به دلیل اهمیت فراوان در درک بسیاری از فرآیندها از جمله نفوذ، برآورد رواناب، انتقال املاح، و مواد مغذی در خاك، جذب آب توسط ریشه گیاه و همچنین مدل سازی روابط آب وخاك و طراحی سیستمهای آبیاری (سنتی ومدرن) و زهکشی بسیار مورد توجه می باشند. خصوصیات هیدرولیکی خاك که روابط بین آب و خاك را توصیف می‌نمایند. روشهای اندازه گیری صحرایی خصوصیات هیدرولیکی خاك در مقایسه با روشهای آزمایشگاهی واقعی تر می‌باشند زیرا این روشها حجم بزرگتری از خاك را شامل می‌شوند . ضرورت توسعه روشهای در جا جهت تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاك، به ویژه برای بررسی جریانهای ترجیحی تحت روشهای مدیریت متفاوت، در سالهای اخیر دو چندان شده است. نفوذسنج دیسك یا تنشی، یکی از ابزارهایی است که برای اندازه گیری و یا نگهداشت جریان غیر اشباع آب در خاك، به طور سریع، دقیق و آسان طراحی شده است. هم چنین به عنوان ابزاری استاندارد برای اندازه گیری خصوصیات هیدرولیکی خاك نزدیك به اشباع به خوبی شناخته شده است. از مزایای اصلی این روش در مقایسه با دیگر روشها، اندازه گیری درجای خصوصیات هیدرولیکی خاك می‌باشد.
اطلاع از نحوه توزیع فراوانی خصوصیات هیدرولیکی خاک در مدل سازی تصادفی[۶۰] اهمیت زیادی دارد. زیرا دانستن نحوه توزیع این متغیرها می‌تواند در پیش‌بینی آنها در مورد استفاده قرار گیرد. همچنین اطلاع از نحوه توزیع آماری خصوصیات هیدرولیکی خاک برای واسنجی بسیاری از مدل های هیدرولوژیکی اهمیت دارد زیرا خصوصیات هیدرولیکی خاک معمولا پارامترهای این مدل‌ها می‌باشند که مقدار صحیح آنها در یک حوضه باید از طریق واسنجی و شبیه سازی در این مدل‌ها تعیین شود. مطالعات متعددی توزیع آماری خصوصیات هیدرولیکی خاک مورد بررسی قرار داده انمد . و بیشتر این محققین نیز بیان داشته اند که توزیع آماری پارامترهای هیدرولیکی خاک از قبیل r, n, , Ks و s به صورت لاگ‌نرمال می‌باشد. (زهو و ماهانتی ۲۰۰۶). لذا هدف از این مطالعه برآورد خصوصیات هیدرولیکی خاک با استفاده از داده های نفوذ آب در خاک می‌باشد همچنین بررسی نرمال و یا لاگ نرمال بودن داده‌ها از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها
منطقه مورد مطالعه در جنوب شهرستان سرخه واقع در استان سمنان قرار دارد که دارای مختصات جغرافیایی به طول شرقی "۳۶' ۸ ۵۳تا "۳۶'۴۵۳ ۱ و عرض شمالی "۳۰'۱۹ ۳۵تا "۱'۲۵ ۳۵ عرض شمالی می‌باشد. در این پژوهش به منظور اندازه گیری پارامترهای هیدرولیکی خاك در یک ترانسکت بطول ۶۰۰۰ متر ۳۳ آزمایش نفوذ انجام شد به طوری فاصله بین هر آزمایش نفوذ ۱۸۰ متر بود. آزمایش نفوذ آب در خاک با استفاده از نفوذسنج مکشی (با قطردیسک ۲۰۰ میلیمتر) که معمولاً برای اندازه گیری سرعت نفوذ در شرایط غیراشباع بکار برده می‌شود، استفاده گردید. آزمایش نفوذ با استفاده از نفوذ سنج مکشی در سه مکش متوالی ۱۵- و ۱۰- و ۵- سانتیمتر انجام گرفت. سیمونک و ون گنوختن (۱۹۹۷) نشان داده اند که تنها با اندازه گیری نفوذ آب در خاک نمی‌توان خصوصیات هیدرولیکی خاک را برآورد کرد و برای برآورد خصوصیات هیدرولیکی لازم است که رطوبت خاک در ابتدا

۶۰ - Stochastic modeling

در انتهای آزمایش را نیز تعیین کرد. بنابراین در این مطالعه ابتدا (پیش از شروع ازمایش)از خاک نمونه برداری شد و رطوبت اولیه خاك با استفاده از روش وزنی تعیین گردید و سپس نفوذ آب در خاك، در بازه های زمانی ۲۵ دقیقه ای برای هر مکش قرائت گردید. برداشت داده ها تازمانی که نفوذ آب در خاك در هر مکش ماتریک ثابت گردد، ادامه یافت و بلافاصله پس از پایان آزمایش،نمونه خاك زیر دیسک برای تعیین مقدار رطوبت نهایی خاک نیز تعیین شد.

به منظور برآورد خصوصیات هیدرولیکی خاک با استفاده از داده های نفوذ آب در خاک از نرم افزار DISC استفاده شد. در این برنامه به کمک داده‌های اندازه گیری شده از نفوذسنج مکش، رطوبت خاك در شروع و پایان آزمایش پارامترهای هیدرولیکی خاك را می‌توان برآورد کرد. مبنای نرم افزار DISC جهت برآورد خصوصیات هیدرولیکی خاک، حلعددی معادلهٔ ریچاردز در مقتصات شعاعی می‌باشد که در آن شرایط همسان گردی برای خاك در نظر گرفته میشود، اما همگن بودن خاك، ضرورتا جزء شرایط اولیه نیست در برنامه مذکور از مدل منحنی رطوبت و هدایت هیدرولیکی ون گنوختن و ونگنوختن-معلم (۱۹۸۰) استفاده شده است. معادله منحنی رطوبت ون گنوختن در زیر ارائه شده است.

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1+(\alpha h)^n]^m} \quad (1)$$

که h مکش خاک بر حسب (cm) ، عکس مکش ماتریک ورود هوا به خاک n و m پارامترهای شکل منحنی که s ، m=۱-۱/n رطوبت اشباع (cm۳,cm-۳) ، r رطوبت باقیمانده (cm۳,cm-۳)، می‌باشند.

برای تعیین مقادیر اولیه خصوصیات هیدرولیکی خاک در برنامه ابتدا خصوصیات هیدرولیکی خاک با استفاده از روش وودینگ برآورد شدن و سپس این مقادیر به عنوان مقادیر اولیه در برنامه مورد استفاده قرار گرفتند. بنابراین با توجه به مقادیر اولیه بنامه در ۳۳ نقطه مورد مطالعه اجرا و پارامترهای هیدرولیکی خاک تعیین شد.

شیب منحنی رطوبتی در نقطه عطف (S) یکی از شاخص هایی است که با کیفیت خاک ارتباط زیادی دارد امامی وهمکاران (۱۳۸۷). بنابراین در این مطالعه پس از تعیین پارامترهای هیدرولیکی خاک S با استفاده از رابطه زیر تعیین شد.

$$S = -n(\theta_s - \theta_r)\left[\frac{2n-1}{n-1}\right]^{\left(\frac{1}{n}-2\right)} \quad (2)$$

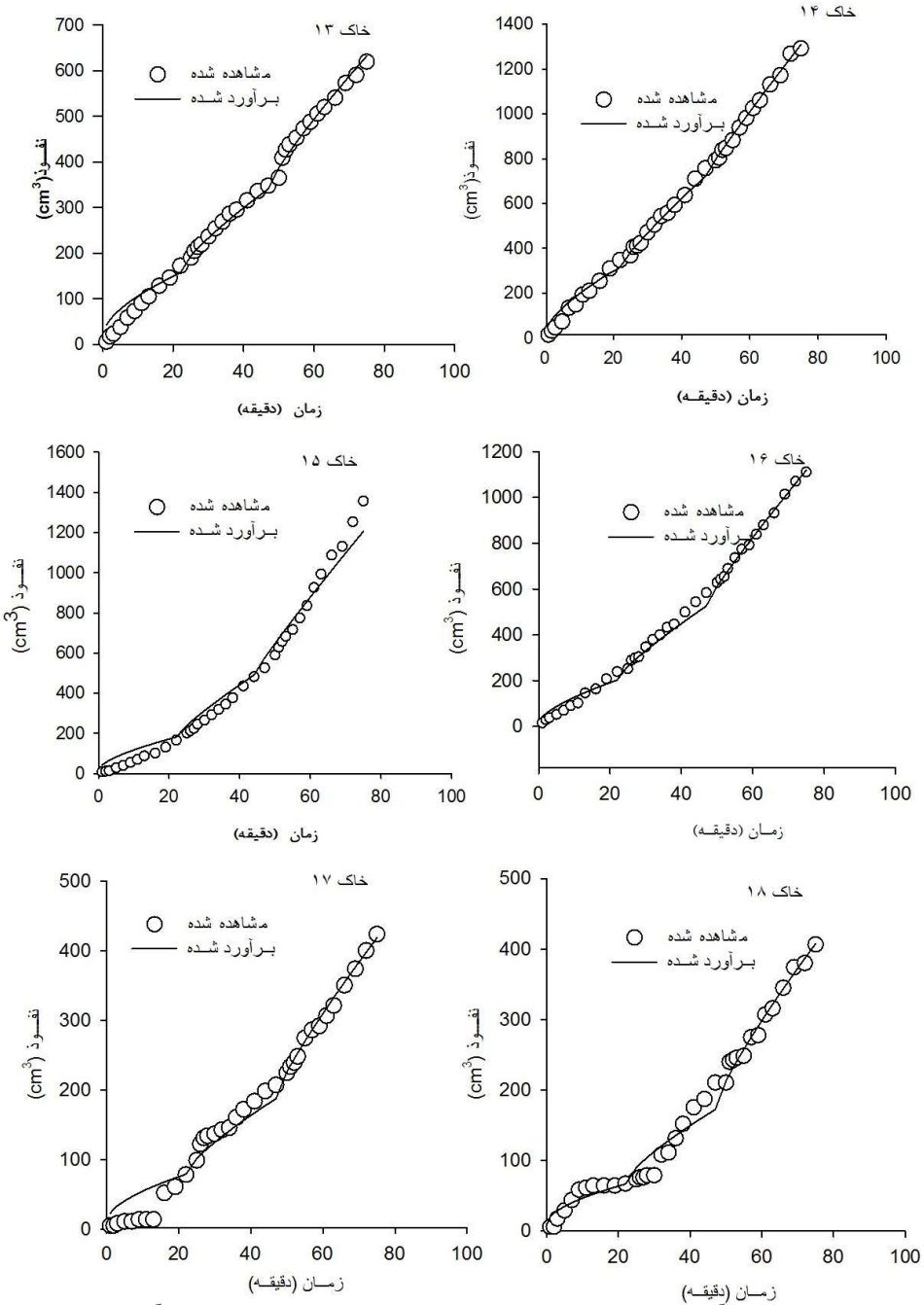
در این مطالعه بافت خاک به روش هیدرومتر، EC و pH خاک در عصاره گل اشباع و جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش استوانه تعیین شدند.

به منظور بررسی توزیع آماری خصوصیات خاک از آزمون کای اسکور استفاده شد. در این پژوهش در ابتدا دو توزیع آماری نرمال و لاگ نرمال بر داده ها برازش داده شد و اختلاف این توزیع ها تجربی با توزیع ه ای تئوری با میانگین و واریانس مشخص مورد بررسی قرار گرفت، اگر از نظر آماری توزیع تجربی اختلاف معنی داری با توزیع تئوری نداشته باشد، نشان می دهد که داده مورد بررسی از توزیع مورد بررسی تبعیت می کند. در غیر این صورت توزیع مورد نظر قادر به توصیف آماری پارامتر مورد مطالعه نمی‌باشد.

نتایج و بحث

شکل (۱) مقادیر شبیه سازی شده و اندازه گیری شده نفوذ را با توجه پارامترهای برآورد شده را نشانی می دهد. نتایج نشان می دهد که مدل به خوبی قادر به برآورد نفوذ آب در خاک می شود. مقدار ضریب تبیین نفوذ برآورد شده و شبیه سازی شده در تمامی نقاط مورد مطالعه بیش از ۹۹/۰ بود. لذا این نتایج نیز نشان دهنده دقت بالای مدل می‌باشد. نزدیک بودن مقادیر برآورد شده و اندازه گیری شده نفوذ نیز بیان می‌کند که پارامترهای هیدرولیکی خاک که نفوذ شبیه سازی بر اساس مقادیر آنها بدست آمده نیز با دقت مناسبی برآورد شده اند.

خلاصه آماری برخی از خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۱آورده شده است. بیشتر نمونه های خاک دارای بافت سنگین می باشند، اما نتایج نشان داد که خاک های مورد بررسی طیف وسیعی از کلاس لوم رسی شنی در سراسر محل نمونه برداری مشاهده می شود. اکثرویژه گی های خاک توزیع فراوانی با چولگی مثبت داشتند، اما خاک رس و pH دارای چولگی منفی بودند. بالاترین و پایین ترین تنوع فضایی به ترتیب در توزیع EC و pH، بدست آمد. مقادیر pH در نقاط نمونه برداری نمونه برداری از ۲۲/۶ تا ۷۷/۷ متغییر بوده در حالی که مقادیر EC در طول خط نمونه برداری از ۵/۲ تا ۱۲۵ دسی زیمنس بر متر متفاوت شد. مقادیر S در خاک های مورد مطالعه بین ۳۲/۰ تا ۰۲/۰و با میانگین ۱۴/۰ متغییر بود. این نتایج مشابه نتایج امامی و همکاران () می‌باشد آنها نشان دادند که در خاکهای شور میانگین مقدار S در برابر ۱۳۷/۰ و دامنه آن در محدوده ۰۸۱/۰-۲۲۶/۰ متغییر است.



شکل ۱: مقادیر برآورد شده و پیش بینی شده نفوذ با توجه به پارامترهای هیدرولیکی برآورد شده

نتایج حاصل از آزمون ۲ (کای اسکوار) در جدول ۲ ارائه شده است . اگر مقادیر ۲ محاسبه شده از مقدار بحرانی (۵۲/۴) در سطح معنی داری ۵ درصد کمتر باشد، توزیع احتمال برای توصیف خصوصیت مورد مطالعه پذیرفته می شود، در غیر این صورت خصوصیت مورد بررسی از توزیع مورد آزمون پیروی نمی‌کند. با این حال، بهترین توزیع آماری، برای توصیف خصوصیت مورد مطالعه زمانی انتخاب می‌شود که با مقدار ۲ در آن کوچکتر باشد. به عنوان مثال یک خصوصیت ممکن است که هم دارای توزیع نرمال و هم

توزیع لاگ نرمال باشد، اما آن توزیعی که دارای ۲ کوچکتری است به عنوان بهترین توزیع آماری برای خصوصیت مورد بررسی می‌باشد. نتایج نشان داد که توزیع لاگ نرمال بهترین توزیع آماری برای شن ، EC، BD و KS می‌باشد. اگرچه بررسی توزیع نرمال نیز نشان داد که خصوصیات مذکور همچنین می‌تواند دارای توزیع نرمال نیز باشند. این نتایج مشابه نتایج زهو و ماهانتی (۲۰۰۶) می‌باشد. آنها بیان داشتند که توزیع فراوانی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از توزیع لاگ‌نرمال پیروی می‌کند. ماچیوال و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داند که توزیع مکانی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شرایط مزرعه از توزیع لاگ نرمال پیروی می‌کند. نتایج نشان داد که بهترین توزیع فراوانی برای توصیف سیلت، رس، pH، n و s ، توزیع نرمال است. اگرچه توزیع لاگ‌نرمال هم به خوبی قادر به توصیف تغییر پذیری مکانی این خصوصیات می‌باشد. برخی محققان نشان داد که توزیع لگ نرمال به خوبی می‌تواند تغییر پیری مکانی خصوصیات هیدرولیکی خاک از KS و n را توصیف نمایید. ذوالفقاری (۱۳۹۲) نیز نشان داد که فراوانی مکانی جذب پذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در شرایط مزرعه از توزیع لاگ‌نرمال پیروی می‌کنند. این توزیع های احتمال را می توان برای پیش بینی پارامترهای هیدرولیکی خاک استفاده کرد. این پارامترها پیش بینی در سطح احتمال مشخص برای برنامه ریزی و مدیریت سیستم های آبیاری تحت یک رویکرد مناسب رویدادی است که برای کشاورزی دقیق حیاتی ومفید هستند.

جدول ۱: خلاصه ای از آمار خواص خاک مورد مطالعه در ترانسکت اندازه گیری شده

	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	ضریب تغییرات %	کشیدگی	چولگی
Sand(%)	۲۴/۴۷	۷۵	۲۲	۵۴/۱۵	۹۰/۳۲	۹۵/۱	۰۸/۰
Silt (%)	۲۱/۳۲	۵۱	۲۰	۰۳/۸	۹۵/۲۴	۸۴/۲	۵۳/۰
Clay (%)	۵۴/۲۰	۳۵	۵	۰۳/۹	۲۶/۴۴	۸۳/۱	۱/۰-
pH	۲۸/۷	۷۷/۷	۲/۶	۴۶/۰	۳۲/۶	۸۵/۲	۹۷/۰-
EC (dSm^{-1})	۸۹	۲۰۰	۵/۲	۹۵	۹/۱۳۰	۴۹/۳	۳۵/۱
BD (gcm^{-3})	۲۵/۱	۵۲/۱	۰۵/۱	۱۲/۰	۸۷/۹	۵۸/۲	۴۶/۰
n	۴۵/۲	۰۳/۴	۳۱/۱	۷۸/۰	۰۴/۳۲	۰۹/۲	۲۳/۰
(cm^{-1})	۰۵/۰	۰۸/۰	۰۳/۰	۰۱۴/۰	۶۷/۲۸	۲۴/۲	۶۷/۰
$_s$ (cm^3cm^{-3})	۲۷/۰	۴۳/۰	۱۴/۰	۰۸/۰	۸۳/۲۸	۱۲/۲	۱۶/۰
Ks (cmh^{-1})	۹۴/۰	۱۱/۶	۱۶/۰	۱۴/۱	۵/۱۲۱	۱۳/۱۵	۴۱/۳
S	۱۴/۰	۳۲/۰	۰۲/۰	۰۸/۰	۵۵/۵۸	۱۸/۲	۳۸/۰

جدول ۲. نتایج آزمون ۲ برای انتخاب دو توزیع احتمال

	مقدار ۲ محاسبه شده		
ویژگی	مقدار بحرانی ۲ در سطح احتمال ۵ درصد	توزیع نرمال	توزیع لاگ نرمال
Sand	۵۲/۴	۳۷/۳	۰۱/۳
Silt	۵۲/۴	۹۵/۰	۹۵/۱
Clay	۵۲/۴	۱۴/۲	۰۳/۳
pH	۵۲/۴	۲۷/۵	۲۳/۶
EC	۵۲/۴	۳۹/۱۰	۲۹/۳
BD	۵۲/۴	۳۹/۱	۷۵/۰
N	۵۲/۴	۴۱/۱	۷۹/۱
	۵۲/۴	۲۵/۳	۳۴/۲
$_s$ (cm^3cm^{-3})	۵۲/۴	۱۹/۱	۳۵/۱
Ks (cmh^{-1})	۵۲/۴	۲۷۵	۳۲/۲
S	۵۲/۴	۶۹/۱	۴۸/۲

*بهترین توزیع

منابع

امامی، ح. شرفا م.، نیشابوری م. ر.، لیاقت، ع. م. ۱۳۸۷. برآورد شاخص کیفیت فیزیکی خاک با استفاده از ویژگی های زودیافت خاک در تعدادی از خاک های شور و آهکی. مجله تحقیقات خاک و آب ایران، جلد ۳۹ شماره ۱، ۳۹-۴۶.

ذوالفقاری، ع.ا. ۱۳۹۲. تعیین منحنی رطوبتی و پخشیدگی آب در خاک با استفاده از منحنی نفوذ یک بعدی آب در ستون خاک. رساله دکتری. دانشگاه تهران.

Machiwal D., Jha M.K. and Mal B.C. ۲۰۰۶. Modelling infiltration and quantifying spatial soil variability in a wasteland of Kharagpur, India. Biosystems engineering, ۹۵:۵۶۹-۵۸۲.

Simunek J., van Genuchten M.T. ۱۹۹۷. Estimating unsaturated soil hydraulic properties from multiple tension disc infiltrometer data. Soil Science, ۱۶۲ (۶): ۳۸۳-۳۹۸.

Zhu J., and Mohanty B.P. ۲۰۰۶. Effective scaling factor for transient infiltration in heterogeneous soils. Journal of Hydrology ۳۱۹, ۹۶-۱۰۸.

Abestract

Knowledge from soil hydraulic distribution is important for stochastic modeling. This knowledge could be used in prediction of soil hydraulic properties. The subjects of this study were (i) to obtain soil hydraulic properties from soil infiltration data and (ii) to investigate statistical distribution of soil hydraulic properties. In this study soil hydraulic properties were measured in a transect with length of ۶۰۰۰ m. water infiltration was measured in tree soil suction using tension disc infiltrometer. Soil hydraulic properties were estimated using Disc model. Results showed that sand, EC، BD، and KS obey from log normal distribution. Results showed that pH، n , s obey from normal distribution